

5

10 Kraftstoffhochdruckpumpe mit Kugelventil im Niederdruck-  
Einlass

15 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer aus dem deutschen Patent  
DE 101 17 600 bekannten Kraftstoffhochdruckpumpe für ein  
20 Kraftstoffeinspritzsystem mit einem Gehäuse, mit einem  
Niederdruck-Einlass, mit einem Förderraum, in dem der  
Kraftstoff komprimiert wird, mit einem Saugventil zwischen  
Förderraum und Niederdruck-Einlass, wobei ein Ventilglied  
des Saugventils sich gegen eine im Förderraum angeordnete  
25 Druckfeder abstützt.

Bei dieser Kraftstoffhochdruckpumpe ist das Ventilglied des  
Saugventils als Ventilkegel ausgebildet.

30 Vorteile der Erfindung

Bei einer erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe für  
ein Kraftstoffeinspritzsystem, mit einem Gehäuse, mit einem  
Niederdruck-Einlass, mit einem Förderraum, in dem der

35

Kraftstoff komprimiert wird, mit einem Saugventil zwischen Förderraum und Niederdruck-Einlass, wobei ein Ventilglied des Saugventils sich gegen eine im Förderraum angeordnete Druckfeder abstützt, ist das Ventilglied des Saugventils als Kugel ausgebildet.

Dadurch wird die Herstellung der Kraftstoffhochdruckpumpe vereinfacht, da eine Kugel billiger herzustellen ist als ein Ventilglied mit einem Dichtkegel und einem Schaft, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. Außerdem wird der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe verbessert, da eine Kugel zusammen mit dem Dichtsitz eine genau definierte kreisförmige Dichtlinie bildet, die trotz der unvermeidbaren Fertigungstoleranzen bei der Herstellung des Ventilsitzes hinsichtlich des Ventilsitzes sehr gut abdichtet. Wenn der mit der Kugel zusammenwirkende Ventilsitz rund ist, dichtet das erfindungsgemäße Saugventil gut ab, auch wenn der Winkel oder die Lage des Ventilsitzes nicht mit höchster Präzision hergestellt wurden.

Weiterhin ist mit dem erfindungsgemäßen Saugventil sichergestellt, dass alle Saugventile einer in Serie hergestellten Kraftstoffhochdruckpumpen nahezu identische hydraulische Eigenschaften haben und somit die Optimierung der in Serie gefertigten Kraftstoffhochdruckpumpe vereinfacht wird.

Bei einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass zwischen Druckfeder und Kugel ein Federteller angeordnet ist, so dass die Fixierung der Kugel relativ zum Dichtsitz verbessert wird und außerdem ein Ausknicken der Druckfeder vermieden wird. Außerdem ermöglicht der Einsatz eines Federtellers, dass die Durchmesser von Druckfeder und Kugel verschieden sein können. Es hat sich insbesondere als

vorteilhaft erwiesen, wenn der Durchmesser der Kugel kleiner als der Durchmesser der Druckfeder ist, da in diesem Fall das Ausknicken der Druckfeder wirkungsvoll vermieden wird und der Durchmesser der Kugel den  
5 hydraulischen Erfordernissen der Kraftstoffhochdruckpumpe in optimaler Weise entspricht.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Ventilsitz, welcher mit der Kugel zusammenwirkt, im Gehäuse  
10 eingearbeitet, so dass die Zahl der mit Hochdruck beaufschlagten Dichtflächen und die Zahl der Bauteile gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Kraftstoffhochdruckpumpe reduziert wird. Dies erhöht die Zuverlässigkeit der erfindungsgemäßen  
15 Kraftstoffhochdruckpumpe und senkt die Herstellungs- und Montagekosten derselben.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Ventilsitz einen Sitzwinkel zwischen  $30^\circ$  und  $150^\circ$ , insbesondere  
20 zwischen  $80^\circ$  und  $100^\circ$  aufweist.

Alternativ zu dem direkt im Gehäuse angeordneten Dichtsitz kann das Gehäuse auch eine Schraube umfassen, welche eine Förderraumböhrung nach außen hin verschließt, und in deren  
25 dem Förderraum zugewandten Stirnfläche der Ventilsitz ausgebildet ist. Diese Variante hat den Vorteil, dass bspw. das Saugventil montiert oder im Reparaturfall ausgewechselt werden kann, ohne die Kraftstoffhochdruckpumpe vollständig zu zerlegen, da das Saugventil von außen über die Schraube  
30 erreichbar ist.

In weiterer Ausgestaltung dieser Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Schraube einen im Durchmesser reduzierten Bereich aufweist, dass der im Durchmesser  
35 reduzierte Bereich mit dem Gehäuse einen Ringraum begrenzt,

und dass der Ringraum mit dem Niederdruck-Einlass hydraulisch in Verbindung steht. Dadurch ist auf einfache Weise gewährleistet, dass unabhängig davon wie weit die Schraube in das Gehäuse eingeschraubt wird, stets eine  
5 hydraulische Verbindung zu dem Niederdruck-Einlass besteht.

Die erfindungsgemäßen Vorteile kommen selbstverständlich in einem Kraftstoffsystem mit einem Kraftstoffbehälter, mit einem Einspritzventil, welches den Kraftstoff direkt in den  
10 Brennraum einer Brennkraftmaschine einspritzt, mit einer Hochdruckkraftstoffpumpe und mit einer Kraftstoffsammelleitung, an die das mindestens eine Einspritzventil angeschlossen ist, zum Tragen, wenn die Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der vorhergehenden  
15 Ansprüche ausgebildet ist.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

20  
Zeichnung

Es zeigen:

25   Figur 1    ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe,

Figur 2    ein zweites erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Radialkolbenpumpe,

30   Figur 3    ein erfindungsgemäßes Ansaugventil in vergrößerter Darstellung und

Figur 4    eine schematische Darstellung einer mit einer  
35 erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe

ausgerüsteten Brennkraftmaschine.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiel

5

Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe 10 im Querschnitt. Die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 ist als Radialkolbenpumpe mit drei Pumpenelementen 11 ausgeführt.

10 Die Pumpenelemente 11 umfassen einen Kolben 13, der in einer Zylinderbohrung 15 geführt wird. Die Zylinderbohrung 15 ist in einem Gehäuse 17 der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 als Sacklochbohrung ausgeführt. Über Fertigungs- und Montagebohrungen 19 kann die Zylinderbohrung 15 hergestellt  
15 werden. Nach der Montage der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe werden die Montagebohrungen 19 durch Stopfen 21 verschlossen.

Angetrieben werden die Kolben 13 von einer Antriebswelle mit einem exzentrischen Abschnitt 22 über einen Polygonring 23 mit Abflachungen 25. Auf den Abflachungen 25 liegt eine Kolbenfußplatte 27 auf, welche den Kolben 13 in eine oszillierende Bewegung versetzt, wenn die Antriebswelle angetrieben wird und der Polygonring 23 infolgedessen eine  
20 kreisförmige Bewegung ausführt. Die oszillierende Bewegung der Kolben 13 ist in einem der Pumpenelement 11 durch einen Doppelpfeil 29 angedeutet.  
25

Die Zylinderbohrung 15 und der Kolben 13 begrenzen einen Förderraum 31 je Pumpenelement 11, wobei das Volumen des Förderraums 31 von der Stellung der Antriebswelle abhängt. Bei dem in Figur 1 senkrecht nach oben ausgerichteten Pumpenelement 11, dessen Kolben 13 sich nahe seines oberen Totpunkts (OT) befindet, ist das Volumen des Förderraums 31  
30 minimal, während es bei den anderen Pumpenelementen 11  
35

nahezu ein Maximum hat. Durch eine Druckfeder 33 werden die Kolbenfußplatten 27 und mit ihr die Kolben 13 stets in Anlage an den Abflachungen 25 des Polygonrings 23 gehalten.

- 5 Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht bei allen Pumpenelementen 11 alle Bauteile mit Bezugszeichen versehen. Es sind jedoch alle drei Pumpenelement 11 gleich aufgebaut und verfügen über die gleichen Bauteile.
- 10 Die Zylinderbohrung 15 ist, wie bereits erwähnt, als Sackloch ausgeführt. Am Ende der Zylinderbohrung 15 ist ein Saugventil 35 mit einem Dichtsitz 37 und einer mit dem Dichtsitz 37 zusammenwirkenden Kugel 39 vorgesehen. Die Kugel 39 wird über einen Federteller 41 von einer
- 15 Druckfeder 43, die sich anderenends am Kolben 13 abstützt, gegen den Ventilsitz 37 gepresst..

- Dabei ist die Druckfeder 43 so dimensioniert, dass im Unteren Totpunkt Kraftstoff nicht selbsttätig angesaugt
- 20 wird. Wenn eine nicht dargestellte, auf der Saugseite der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 angeordnete Zumesseinheit geschlossen ist, fördert die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 keinen Kraftstoff. Wenn die Zumesseinheit ganz oder teilweise geöffnet wird, baut sich vor dem Saugventil 35
- 25 ein von einer Vorförderpumpe (nicht dargestellt) erzeugter Überdruck auf durch den Kraftstoff gegen die Druckfeder 43 in den Förderraum 31 gedrückt wird. Die Zumesseinheit hat die Aufgabe, den Überdruck vor dem Saugraum so einzustellen, dass die gewünschte Fördermenge von der
- 30 Kraftstoffhochdruckpumpe 10 gefördert wird.

- Wenn der Kolben 13 sich in Richtung seines oberen Totpunkts bewegt hat, nimmt die Vorspannung der Druckfeder 33 so stark zu, dass die Kugel 39 gegen den Dichtsitz 37 gepresst
- 35 wird und somit die Verbindung zwischen Förderraum 31 und

Niederdruck-Einlass 45 unterbrochen wird. Verstärkt wird dieser Effekt ganz wesentlich durch den zunehmend höheren Druck im Förderraum 31.

- 5 Alternativ kann die Druckfeder 43 auch so dimensioniert werden, dass die Kugel 39 auch im unteren Totpunkt (UT) des Kolbens 13 noch leicht gegen den Dichtsitz 37 gepresst wird. Nur wenn auf der in Fig. 1 nicht dargestellten Niederdruckseite der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 ein
- 10 ausreichender Überdruck gegenüber dem Druck im Förderraum 31 herrscht, strömt Kraftstoff in den Förderraum 31 ein. Der Druck auf der Niederdruckseite der Kraftstoffhochdruckpumpe 10, bzw. der Saugseite des Förderraums 31 und damit die Fördermenge der
- 15 Kraftstoffhochdruckpumpe 10 wird durch eine in Fig. 1 nicht dargestellte Zumesseinheit von einem Steuergerät (nicht dargestellt) in Abhängigkeit des Betriebszustands der Brennkraftmaschine eingestellt.
- 20 Durch diese Maßnahmen ist gewährleistet, dass auch wenn durch die nicht dargestellte Zumesseinheit der Kraftstoffzufluss über den Niederdruck-Einlass 45 in die Pumpenelemente 11 gedrosselt wird, jedes der Pumpenelement 11 annähernd die gleiche Kraftstoffmenge ansaugt und sich
- 25 somit ein gleichmäßiger Drehmoment- und Leistungsbedarf der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 ergibt. Dies verbessert die Laufruhe der Brennkraftmaschine insbesondere im Leerlauf.

Dadurch, dass der Kolben 13 auch in seinem oberen Totpunkt

30 nicht über seine ganze Länge in der Zylinderbohrung 15 geführt wird, ist ein ausreichender "Überlauf" für Honwerkzeuge oder dergleichen vorhanden. Dieser Überlauf erleichtert die Herstellung der als Sackloch ausgeführten Zylinderbohrung 15.

Ein Hochdruck-Auslass sowie das zugehörige Druckventil sind in Figur 1 nicht dargestellt, da sich der Hochdruck-Auslass und das zugehörige Druckventil senkrecht zur Zeichnungsebene hinter den Pumpenelementen 11 angeordnet sind. Die Anordnung dieser Bauelemente kann aus der DE-PS 101 17 600, auf die hiermit Bezug genommen wird, entnommen werden.

Durch die Verwendung eines Federtellers 41 zwischen Kugel 39 und Druckfeder 43 wird die Führung der Kugel 39 verbessert. Außerdem kann, wegen der verbesserten Auflagefläche der Druckfeder 43 auf dem Federteller 41 ein Ausknicken der Druckfeder 43 verhindert werden. Schließlich kann der Durchmesser der Kugel 39 unabhängig vom Durchmesser der Druckfeder 43 gewählt werden, was bei der Optimierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 von Vorteil sein kann.

Es ist jedoch auch ohne weiteres denkbar und möglich, auf den Federteller 41 zu verzichten (nicht dargestellt), so dass die Druckfeder 43 direkt auf der Kugel 39 aufliegt.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe 10 gibt es nur eine sehr geringe Zahl von Hochdruckdichtstellen. Dies ist insbesondere der Dichtsitz 37 in Verbindung mit der Kugel 39 sowie der Ringspalt zwischen Kolben 13 und Zylinderbohrung 15. Diese geringe Zahl von Hochdruckdichtstellen rechtfertigt in vielen Fällen den etwas höheren Herstellungsaufwand bei der Herstellung der Zylinderbohrung 15, wenn diese als Sackloch ausgeführt ist.

Auf die spezifischen Vorteile eines als Kugelventil ausgebildeten Saugventils 35 wird nachfolgend im Zusammenhang mit der Figur 3 noch im Detail eingegangen



werden.

In Figur 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Hochdruckpumpe 10 ebenfalls im Schnitt dargestellt. Gleiche Bauteile werden mit gleichen Bezugszeichen versehen und es gilt das bezüglich Figur 1 Gesagte entsprechend. Der wesentliche Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel besteht darin, dass die Zylinderbohrung 15 nicht als Sacklochbohrung, sondern als Durchgangsbohrung ausgeführt ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Zylinderbohrung 15 durch eine Schraube 47 verschlossen. In der Schraube 47 ist der Dichtsitz 37 des Saugventils 35 eingearbeitet.

Nachfolgend wird an Hand der Figur 3, welche einen vergrößerten Ausschnitt A der Figur 2 zeigt, die Funktion des Saugventils 35 noch detailliert erläutert.

In Figur 3 ist der Kolben 13 im oberen Totpunkt. Demzufolge hat der Förderraum 31 sein minimales Volumen und die Kugel 39 dichtet den Förderraum 31 gegen den Niederdruck-Einlaß 45 der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 ab. Diese Abdichtung erfolgt entlang einer kreisförmigen Dichtlinie (nicht gezeichnet), welche sich aus der Berührlinie zwischen der Kugel 39 und dem Dichtsitz 37 ergibt. Die Dichtheit dieses als Kugelventil ausgebildeten Saugventils 35 ist sehr hoch, da es nur eine linienförmige Berührung zwischen Kugel 39 und Dichtsitz 37 gibt, was zu einer entsprechend hohen Flächenpressung auf der Dichtlinie führt. Außerdem sind die Genauigkeitsanforderungen bei der Herstellung eines dicht schließenden Kugelventils geringer als bei Kegelventilen. Je nachdem wie der Winkel  $\alpha$  des Dichtsitzes 37 gewählt wird, kann der Durchmesser der Dichtlinie zwischen Kugel 39 und Dichtsitz 37 bei konstantem Kugeldurchmesser variiert werden. Es hat sich herausgestellt, dass Dichtwinkel  $\alpha$

zwischen  $30^\circ$  und  $150^\circ$  möglich sind und in der Regel ein Dichtwinkel  $\alpha$  von  $90^\circ$  zu sehr guten Ergebnissen führt.

5. An den Dichtsitz 37 schließen eine Axialbohrung 48 sowie eine Querborehrung 49 an. Alternativ können auch mehrere Querborehrungen 49 (nicht dargestellt) vorgesehen sein. Die Querborehrung 49 mündet in einen Ringraum 50, welcher vom Gehäuse 17 und einem im Durchmesser reduzierten Bereich 50 der Schraube 47 begrenzt wird. An einer Stirnseite 52 der 10 Schraube 47 ist eine Beißkante 53 ausgebildet, welche den Ringraum 51 vom Förderraum 31 abdichtet.

Der Ringraum 51 steht mit dem in dieser Darstellung nicht sichtbaren Niederdruck-Einlaß 45 der 15 Kraftstoffhochdruckpumpe 10 hydraulisch in Verbindung. Dadurch, dass der Ringraum die Schraube 47 allseitig umgibt, kann über die Querborehrung 49 und die Axialbohrung 48 Kraftstoff in den Förderraum 31 angesaugt werden unabhängig davon, wie tief die Schraube 47 in das Gehäuse 20 17 eingeschraubt wurde.

Durch die Verwendung eines als Kugelventil ausgebildeten Saugventils 35 wird der Wirkungsgrad der Kraftstoffhochdruckpumpe erhöht, da die Kugel 39 einen 25 großen Strömungsquerschnitt freigibt sobald sie vom Dichtsitz 37 abhebt, so dass der Kraftstoff schnell und ohne große Strömungsverluste angesaugt werden kann. Dazu ist es auch vorteilhaft, wenn bei geöffnetem Saugventil 35 die ringförmige Querschnittsfläche zwischen Dichtsitz 37 30 und Kugel 39 etwa bis zu 20mal größer ist als der Querschnitt der Querborehrung 49.

Außerdem wird wegen der guten Dichteigenschaften des als Kugelventil ausgebildeten Saugventils 35 während des 35 Förderhubs des Kolbens 13 kein Kraftstoff aus dem

Förderraum 31 in den Niederdruck-Einlass 45 zurückgedrückt.

In Figur 4 ist eine Brennkraftmaschine 54 schematisch dargestellt. Sie umfasst ein Kraftstoffeinspritzsystem 56. Dieses wiederum weist einen Kraftstoffbehälter 58 auf, aus dem eine elektrische Niederdruck-Kraftstoffpumpe 60 Kraftstoff fördert.

Die elektrische Niederdruck-Kraftstoffpumpe 60 fördert Kraftstoff zu der Kraftstoffhochdruckpumpe 10, welche so ausgebildet ist, wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Der Hochdruck-Auslass 18 der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 ist mit einer Kraftstoff-Sammelleitung 62 verbunden. Diese wird im allgemeinen auch als "Common-Rail" bezeichnet. An die Kraftstoff-Sammelleitung 62 sind insgesamt vier Einspritzventile 64 angeschlossen. Diese spritzen jeweils den Kraftstoff direkt in Brennräume 66 der Brennkraftmaschine 54 ein.

5

## Ansprüche

10

1. Kraftstoffhochdruckpumpe (10) für ein Kraftstoffeinspritzanlage (56), mit einem Gehäuse (17, 47), mit einem Niederdruck-Einlass (45), mit einem Förderraum (31), in dem der Kraftstoff komprimiert wird, mit einem  
15 Saugventil (35) zwischen Förderraum (31) und Niederdruck-Einlass (45), wobei ein Ventilglied des Saugventils (35) sich über eine im Förderraum (31) angeordnete Druckfeder (43) gegen einen Kolben (13) abstützt, und mit einem  
20 Ventilglied des Saugventils (35) als Kugel (39) ausgebildet ist.

2. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Druckfeder (43) und Kugel (39) ein Federteller (41) vorgesehen ist.

25 3. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Kugel (39) kleiner als der Durchmesser der Druckfeder (43) ist.

4. Kraftstoffhochdruckpumpe (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in  
30 dem Gehäuse (17, 47) ein mit der Kugel (39) zusammenwirkender Dichtsitz (37) vorhanden ist.

5. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Dichtsitz (37) einen Sitzwinkel ( $\alpha$ ) zwischen  $30^\circ$  und  $150^\circ$ , insbesondere von  $90^\circ$ , aufweist.
- 5 6. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (17, 47) eine Schraube (47) umfasst, welche eine Zylinderbohrung (31) nach außen hin verschließt, und dass der Dichtsitz (37) in einer dem Förderraum (31) zugewandten Stirnseite (52) der Schraube (47) ausgebildet ist.
- 10 7. Kraftstoffhochdruckpumpe (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schraube (47) einen im Durchmesser reduzierten Bereich (50) aufweist, dass der im Durchmesser reduzierte Bereich (50) mit dem Gehäuse (17) einen Ringraum (51) begrenzt, und dass der Ringraum (51) mit dem
- 15 Niederdruck-Einlass (45) hydraulisch in Verbindung steht.
8. Kraftstoffeinspritzanlage (56) mit einem Kraftstoffbehälter (58), mit mindestens einem Einspritzventil (64), welches den Kraftstoff direkt in den Brennraum (66) einer Brennkraftmaschine (54) einspritzt,
- 20 mit mindestens einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (10), und mit einer Kraftstoff-Sammelleitung (62), an die das mindestens eine Einspritzventil (64) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffhochdruckpumpe (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist (Fig.
- 25 4).
9. Brennkraftmaschine (54) mit mindestens einem Brennraum (66), in den der Kraftstoff direkt eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Kraftstoffeinspritzanlage (56) nach Anspruch 8 aufweist
- 30 (Fig 4).

5

10

### Zusammenfassung

15

Es wird eine Kraftstoffhochdruckpumpe (10), insbesondere eine Radialkolbenpumpe, vorgeschlagen, bei der die Saugventile (35) als Kugelventile ausgebildet sind, was sich vorteilhaft auf den Wirkungsgrad der Kraftstoffhochdruckpumpe (10) auswirkt. Außerdem wird die Herstellung und Montage der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe (10) durch die Verwendung von Kugelventilen vereinfacht.

25 (Figur 1)